



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①2 Offenlegungsschrift  
①0 DE 43 41 425 A 1

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
G 01 R 19/00  
G 01 R 31/36  
B 60 R 16/02

②1 Aktenzeichen: P 43 41 425.7  
②2 Anmeldetag: 4. 12. 93  
④3 Offenlegungstag: 8. 6. 95

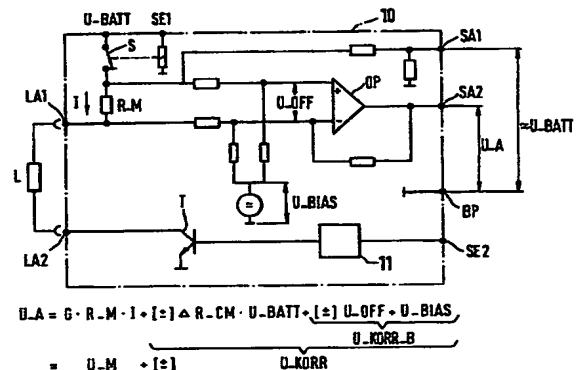
DE 43 41 425 A 1

⑦1 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:  
Vetter, Hermann, Dipl.-Ing., 74394 Hessigheim, DE;  
Schweiggart, Hubert, Dipl.-Ing., 70191 Stuttgart, DE

⑤4 Verfahren zum Bestimmen des durch eine Last in einem Kfz fließenden Stroms

⑤7 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen eines den durch eine Last in einem Kraftfahrzeug fließenden Strom I repräsentierenden Meßwerts  $U_M$  dadurch, daß mit einem Operationsverstärker (10) die an einem im Laststromkreis liegenden Meßwiderstand  $R_M$  abfallende Spannung  $R_M \cdot I$  verstärkt wird, das dadurch gekennzeichnet ist, daß - in einem wiederholt ausgeführten Kalibriervorgang wie folgt verfahren wird:  
-- der Meßwiderstand wird insgesamt auf Bezugspotential gelegt und die Ausgangsspannung  $U_A$  des Operationsverstärkers wird als Bezugs-Korrekturspannung  $U_{KORR\_B}$  erfaßt; und  
-- der Meßwiderstand wird auf das hohe Batteriepotential gelegt, und die Batteriespannung wird als Kalibrier-Batteriespannung  $U_{BATT\_K}$  gemessen, und die Ausgangsspannung  $U_A$  des Operationsverstärkers wird als Kalibrier-Korrekturspannung  $U_{KORR\_K}$  gemessen; und  
- bei einem Meßvorgang wie folgt verfahren wird:  
-- die Ausgangsspannung  $U_A$  des Operationsverstärkers wird gemessen;  
-- die Batteriespannung  $U_{BATT}$  wird gemessen;  
-- der genannte Meßwert  $U_M$  wird wie folgt bestimmt:  
$$U_M = U_A - [(U_{KORR\_K} - U_{KORR\_B}) / U_{BATT\_K}] \cdot U_{BATT}$$
  
Dadurch kann auf den bisher erforderlichen Abgleich von Widerständen im Kalibriervorgang verzichtet werden.



DE 43 41 425 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen  
BUNDESDRUCKEREI 04. 95 508 023/293

6/31

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen eines den durch eine Last in einem Kfz fließenden Strom repräsentierenden Meßwerts.

5 In der Regel wird die Stärke des durch eine Last in einem Kraftfahrzeug fließenden Stroms dadurch bestimmt, daß die an einem im Laststromkreis liegenden Meßwiderstand abfallende Spannung verstärkt wird und mit Hilfe der bekannten Verstärkung und des bekannten Widerstandswertes der Strom berechnet wird. Vor dieser Berechnung wird der verstärkte Spannungsmesswert allerdings korrigiert. Der Grund hierfür sei ausgehend von einer bekannten Auswerteschaltung erläutert, wie sie in Fig. 4 dargestellt ist.

10 Die dort dargestellte Auswerteschaltung 10 verfügt über zwei Lastausgänge LA1 und LA2, zwischen die eine Last L geschaltet werden kann, sowie über zwei Signaleingänge SE1 und SE2 und zwei Signalausgänge SA1 und SA2. Außerdem sind ein Anschluß für die Batteriespannung U<sub>BATT</sub> und ein solcher für das Bezugspotential BP dargestellt. Weitere Anschlüsse, z. B. solche zur Spannungsversorgung aktiver Bauteile in der Auswerteschaltung 10, sind nicht dargestellt, da sie für die folgende Erläuterung nicht von Bedeutung sind.

15 Der Laststromkreis erstreckt sich ausgehend vom Anschluß für die Batteriespannung U<sub>BATT</sub> über einen Schalter, einen Meßwiderstand R<sub>M</sub> (mit dem Widerstandswert R<sub>M</sub>), den Lastanschluß LA1, die Last L, den Lastanschluß LA2, einen Treibertransistor T zum Bezugspotential. Der Treibertransistor T wird über eine Treiberschaltung 11 betrieben, die ihr Ansteuersignal vom Signaleingang SE2 erhält. Der Schalter S wird mit Hilfe eines Treibersignals geöffnet und geschlossen, das an den Signaleingang SE1 angelegt wird.

20 Die Spannung am Meßwiderstand R<sub>M</sub> wird auf einen Operationsverstärker OP gegeben, dessen Ausgang an den Signalausgangsanschluß SA2 angeschlossen ist. Die Spannung am Verbindungspunkt zwischen dem Schalter S und dem Meßwiderstand R<sub>M</sub> ist auf den anderen Signalausgang SA1 geführt. Das Potential des Operationsverstärkers OP ist insgesamt über eine Vorspannungsquelle U<sub>BIAS</sub> (mit der Spannung U<sub>BIAS</sub>) einstellbar. Der Operationsverstärker weist die Verstärkung G auf. Damit gilt für die Spannung zwischen dem Bezugspotential und dem Ausgang SA2 des Operationsverstärkers das Folgende:

$$\begin{aligned} U_A &= G \cdot R_M \cdot I + [\pm] \Delta R_{CM} \cdot U_{BATT} + (1+G) \cdot [\pm] U_{OFF} + U_{BIAS} \\ 30 \quad &= G \cdot R_M \cdot I + U_{KORR} \\ &= U_M + U_{KORR} \end{aligned} \quad (1)$$

In dieser Gleichung repräsentiert der Wert  $\Delta R_{CM} \cdot U_{BATT}$  einen Spannungsfehler, der von ungenügendem Gleichtaktabgleich des Operationsverstärkers herrührt. Der ungenügende Gleichtaktabgleich ist temperatur- und alterungsabhängig.

Zum Kalibrieren der Schaltung gemäß Fig. 4 wird herkömmlicherweise ein Signal mit vorgegebener Form an den Operationsverstärker OP gelegt, und mindestens ein Widerstand in seiner Außenbeschaltung wird so getrimmt, daß das Ausgangssignal möglichst vollständigen Gleichtaktabgleich anzeigt.

40 Dadurch weist der von der Batteriespannung abhängige Term in der obigen Gleichung (1) den Wert Null auf. Danach wird die Vorspannung U<sub>BIAS</sub> so eingestellt, daß sich trotz der Offsetspannung und auch bei einer eventuell doch auftretenden temperaturabhängigen und alterungsabhängigen Spannung aufgrund ungenügenden Gleichtaktabgleichs beim Strom Null und bei sehr kleinen Strömen eine positive, jedoch kleine Ausgangsspannung des Operationsverstärkers einstellt. Dadurch kann der gesamte Hub eines sich anschließenden A/D-Umsetzers genutzt werden.

45 Nachteilig bei diesem Verfahren ist, daß dann, wenn sich der beim Kalibriervorgang vorgenommene Gleichtaktabgleich temperatur- und/oder alterungsbedingt verstellt, die Batteriespannung einen verfälschenden Einfluß auf den Meßwert ausübt. Außerdem müssen mindestens zwei Widerstände getrimmt werden, nämlich einer für den Gleichtaktabgleich und einer für die Vorspannungseinstellung.

## Darstellung der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Bestimmen eines den durch eine Last in einem Kraftfahrzeug fließenden Strom repräsentierenden Meßwerts anzugeben, mit dem dieser Meßwert auch beim Auftreten von temperatur- und alterungsabhängigen Effekten zuverlässig bestimmt werden kann.

55 Das erfindungsgemäße Verfahren ist durch die Lehre von Anspruch 1 gegeben. Es zeichnet sich dadurch aus, daß es in einem Kalibriervorgang die Batteriespannungsabhängigkeit eines ungenügenden Gleichtaktabgleichs erfaßt. Bei späteren Meßvorgängen wird außer der Ausgangsspannung des Operationsverstärkers noch die Batteriespannung erfaßt, und abhängig von dieser Batteriespannung wird die Ausgangsspannung des Operationsverstärkers korrigiert, um die tatsächliche Meßspannung zu bestimmen. Außerdem ist keinerlei mechanische Trimmung eines Widerstandes erforderlich, wenn dies auch nicht ausgeschlossen ist, um zusätzlich zu den gerade genannten Effekten noch höhere Genauigkeiten zu erzielen.

60 Demgemäß kann das erfindungsgemäße Verfahren auch in Kombination mit dem herkömmlichen Verfahren angewandt werden, daß also bei der Erstkalibrierung wie herkömmlich verfahren wird, dann aber wiederholt beim Betrieb des Kraftfahrzeugs der erfindungsgemäße Kalibriervorgang ausgeführt wird, um temperatur- und/oder alterungsbedingte Effekte zu kompensieren.

65 Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es jedoch ohne weiteres möglich, auf den Gleichtaktabgleich zu verzichten und nur noch die wenig aufwendige Einstellung der Vorspannung U<sub>BIAS</sub> vorzunehmen. Wird z. B.

ein solcher Strom durch den Meßwiderstand  $R_M$  geleitet, daß eine zugehörige Sollspannung am Ausgleich des Operationsverstärkers von 2 V erwartet wird, sich jedoch wegen eines erheblichen Fehlers im Gleichtaktabgleich eine Spannung von 3,5 V einstellt, könnte die Vorspannung grob zu etwa -1,5 V eingestellt werden, um den Wandlungsbereich eines folgenden A/D-Umsetzers vollständig für das eigentliche Meßsignal verwenden zu können. Anschließend würde der Kalibriervorgang gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren ausgeführt werden, um von der Batteriespannung abhängige Änderungen wegen des fehlenden Gleichtaktabgleichs korrigieren zu können.

Schließlich ist es möglich, auf jeglichen Abgleich zu verzichten, was vorzuziehen ist, weil sich dadurch die hohen Kosten für den Hardwareabgleich ganz einsparen lassen. Muß z. B. im Extremfall mit einer durch fehlenden Gleichtaktabgleich bedingten Spannung von -2 V gerechnet werden, wird grundsätzlich die Vorspannung  $U_{BIAS}$  auf +2 V eingestellt (zuzüglich der zu erwartenden maximalen Offsetspannung). Dann muß nur das erfindungsgemäße Kalibrierverfahren ausgeführt werden, das ganz alleine auf der Erfassung von Meßwerten und auf der Berechnung von Korrekturwerten, ohne jegliche Einstellung von Widerständen, basiert. Bei solcher Vorgehensweise kann zwar nicht der volle Hub eines sich an den Operationsverstärker anschließenden A/D-Umsetzers genutzt werden, jedoch wird die genannte erhebliche Kosteneinsparung erzielt.

Während des Kalibriervorgangs können verschiedene Meßwerte abgespeichert werden, die zur späteren Korrektur des den Strom repräsentierenden Meßwerts verwendet werden. Vorteilhafter ist es jedoch, aus den Kalibrierungs-Meßwerten sogleich einen Korrekturwert zu berechnen und nur diesen zur späteren Verwendung abzuspeichern.

Von Vorteil ist es, den Kalibriervorgang auf jeden Fall nach Einschalten der Zündung eines Kraftfahrzeugs auszuführen, sei es unmittelbar beim Einschalten oder auch etwas verzögert gegenüber dem Einschaltzeitpunkt, dann, wenn andere grundlegende Prüffunktionen zum Betreiben z. B. des Motors des Kraftfahrzeugs abgeschlossen sind. Vorteilhaft ist es weiterhin, den Kalibriervorgang in festen Zeitabständen oder in solchen Zeitabständen vorzunehmen, für die vermutet werden kann, daß sich die Eigenschaften des Operationsverstärkers durch mögliche Temperaturveränderungen so verändert haben, daß eine Neukalibrierung für den jeweiligen Anwendungsfall erwünscht ist. Wenn der Operationsverstärker z. B. in einem Steuergerät sitzt, das im Motorraum eines Kraftfahrzeugs untergebracht ist, kann es von Vorteil sein, den Kalibriervorgang von Zeit zu Zeit auszuführen, solange sich der Motor nach seinem Start noch erwärmt.

#### Zeichnung

Fig. 1: Diagramm zum Erläutern der Berechnung eines von der Batteriespannung abhängigen Korrekturwerts; Fig. 2: Flußdiagramm für einen Kalibriervorgang; Fig. 3: Flußdiagramm für einen Meßvorgang; und Fig. 4: herkömmliche Auswerteschaltung, mit der das erfindungsgemäße Verfahren ausgeübt werden kann.

#### Beschreibung von Ausführungsbeispielen

Anhand der oben in Zusammenhang mit der Erläuterung von Fig. 4 abgeleiteten Gleichung (1) sei zunächst das Diagramm von Fig. 1 beschrieben. In diesem Diagramm ist der Verlauf der Korrekturspannung  $U_{KORR}$ , wie sie gemäß Gleichung (1) zum Korrigieren der Ausgangsspannung  $U_A$  zum Erzielen der Meßspannung  $U_M$  verwendet wird, abhängig von der Batteriespannung  $U_{BATT}$  dargestellt. Diese Korrekturspannung kann unmittelbar als Ausgangsspannung  $U_A$  des Operationsverstärkers gemessen werden, wenn der zu messende Strom  $I$  dadurch auf Null eingestellt wird, daß der Transistor  $T$  auf Sperren angesteuert wird (vorausgesetzt, daß  $R_M \ll \ll$  alle anderen Widerstände der Differenzschaltung). Dadurch, daß in der Gleichung für  $U_{KORR}$  nur die festen Spannungen  $(1+G) \cdot [\pm U_{OFF} + U_{BIAS}]$  neben der von der Batteriespannung abhängigen Spannung wegen des fehlenden Gleichtaktabgleichs vorkommen, ist die Abhängigkeit zwischen  $U_{KORR}$  und  $U_{BATT}$  durch eine Gerade gegeben, aus der für die Batteriespannung Null die folgende Bezugskorrekturspannung  $U_{KORR\_B}$  erhalten wird:

$$U_{KORR\_B} = (1+G) \cdot [\pm U_{OFF} + U_{BIAS}] \quad (2)$$

Dieser Wert kann dadurch gemessen werden, daß der Schalter  $S$  geöffnet wird und der Transistor  $T$  auf Durchlaß angesteuert wird, wodurch das als Null angesehene Bezugspotential an der Last und am Meßwiderstand  $R_M$  anliegt.

Ein zweiter Punkt der Geraden für die Abhängigkeit der Korrekturspannung  $U_{KORR}$  von der Batteriespannung  $U_{BATT}$  wird dadurch erzielt, daß die Ausgangsspannung  $U_A$  des Operationsverstärkers bei der aktuell beim Kalibriervorgang vorliegenden Batteriespannung  $U_{BATT\_K}$  gemessen wird (SE1 angesteuert,  $T$  nichtleitend). Diese Ausgangsspannung wird als Spannung  $U_{KORR\_K}$  bezeichnet, d. h. als Ausgangsspannung, die beim Kalibriervorgang gemessen wird. Damit wird folgender Zusammenhang erhalten:

$$\begin{aligned} U_{KORR} &= U_{KORR\_B} + [(U_{KORR\_K} - U_{KORR\_B}) / U_{BATT\_K}] \cdot U_{BATT} \\ &= U_{KORR\_B} + \Delta R_{CM} \cdot U_{BATT} \end{aligned} \quad (3)$$

$$\text{mit } \Delta R_{CM} = (U_{KORR\_K} - U_{KORR\_B}) / U_{BATT\_K} \quad (4)$$

Bei der in Fig. 1 ausgezogen dargestellten Linie ist die Gleichtaktfehler-Verhältniszahl  $\Delta R_{CM}$  positiv, bei

der strichpunktierten Linie ist sie null und bei der gestrichelten Linie ist sie negativ. Dies sind Beispiele für Werte, wie sie in der dargestellten Abgleichschaltung 10 in der Praxis auftreten können. Jedoch ist zu beachten, daß sich der Wert  $\Delta_{CM}$  mit der Temperatur und durch Alterung der Differenzschaltung noch ändern kann.

Fig. 2 veranschaulicht das vorstehend anhand von Fig. 1 erläuterte Verfahren zum Bestimmen der Parameter  $U_{KORR\_B}$  und  $\Delta_{CM}$  in Gleichung (3) zum Bestimmen einer jeweiligen Korrekturspannung  $U_{KORR}$ .

Gemäß Fig. 2 wird nach dem Start des Kalibrierverfahrens der Schalter S geöffnet und der Transistor T wird geschlossen, d. h. durchgeschaltet (Schritt s1), um als Ausgangsspannung  $U_A$  die Bezugskorrekturspannung  $U_{KORR\_B}$  gemäß Gleichung (2) zu erfassen (Schritt s2). Danach wird der Schalter S geschlossen und der Transistor wird geöffnet, d. h. gesperrt (Schritt s3), woraufhin die Batteriespannung als Kalibrier-Batteriespannung  $U_{BATT\_K}$  und die Ausgangsspannung  $U_A$  des Operationsverstärkers als Kalibrier-Korrekturspannung  $U_{KORR\_K}$  gemessen wird (Schritt s4). In einem abschließenden Schritt s5 vor dem Ende des Kalibrierverfahrens wird dann aus diesen Meßwerten die Steigung  $\Delta_{CM}$  der Korrekturgeraden gemäß Gleichung (4) berechnet.

Die so bestimmte Ausgangsspannung  $U_{KORR\_B}$  und die so bestimmte Steigung  $\Delta_{CM}$  der Korrekturgeraden wird anschließend bei jeder Erfassung des Meßwertes zum Bestimmen des durch die Last L fließenden Stroms verwendet. Hierzu wird gemäß Fig. 3 in einem Schritt s6 der Schalter S geschlossen und der Transistor T wird durchgeschaltet. In einem Schritt s7 werden die aktuelle Batteriespannung  $U_{BATT}$  und die aktuelle Ausgangsspannung  $U_A$  des Operationsverstärkers OP gemessen. In einem Schritt s8 wird die Korrekturspannung  $U_{KORR}$  gestützt auf die gemessene Batteriespannung  $U_{BATT}$  und die Korrekturparameter  $U_{KORR\_B}$  und  $\Delta_{CM}$  berechnet. Abschließend wird vor dem Ende des Meßverfahrens von Fig. 3 der Meßwert aufgrund Gleichung (1) bestimmt.

Wie im Abschnitt "Darstellung der Erfindung" ausgeführt, kann das Kalibrierverfahren umfassender ausgestaltet sein, wenn nicht auf jeglichen Abgleichvorgang für Widerstände verzichtet werden soll.

Bei der vorstehenden Beschreibung wurde der Einfachheit halber davon ausgegangen, daß ein Meßwert, der die Stärke eines durch eine Last fließenden Stroms repräsentiert, nur für eine Last L gemessen werden soll. In der Praxis wird eine der Auswerteschaltung von Fig. 4 ähnliche Auswerteschaltung zum Betreiben mehrerer Lasten im Multiplexbetrieb verwendet. Es ist dann jeweils ein Transistor pro Last vorhanden. Dies hat jedoch keinerlei Einfluß auf das erfindungsgemäße Verfahren zum Bestimmen des genannten Meßwerts.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen eines den durch eine Last in einem Kraftfahrzeug fließenden Strom I repräsentierenden Meßwerts  $U_M$  dadurch, daß mit einem Operationsverstärker (10) die an einem im Laststromkreis liegenden Meßwiderstand ( $R_M$ ) abfallende Spannung  $R_{MA} \cdot I$  verstärkt wird, dadurch gekennzeichnet, daß

- in einem wiederholt ausgeführten Kalibriervorgang wie folgt verfahren wird:
  - der Meßwiderstand wird insgesamt auf Bezugspotential gelegt und die Ausgangsspannung  $U_A$  des Operationsverstärkers wird als Bezugs-Korrekturspannung  $U_{KORR\_B}$  erfaßt; und
  - der Meßwiderstand wird auf das hohe Batteriepotential gelegt, und die Batteriespannung wird als Kalibrier-Batteriespannung  $U_{BATT\_K}$  gemessen, und die Ausgangsspannung  $U_A$  des Operationsverstärkers wird als Kalibrier-Korrekturspannung  $U_{KORR\_K}$  gemessen; und
- bei einem Meßvorgang wie folgt verfahren wird:
  - die Ausgangsspannung  $U_A$  des Operationsverstärkers wird gemessen;
  - die Batteriespannung  $U_{BATT}$  wird gemessen;
  - der genannte Meßwert  $U_M$  wird wie folgt bestimmt:

$$U_M = U_A \cdot [(U_{KORR\_K} - U_{KORR\_B}) / U_{BATT\_K}] \cdot U_{BATT}$$

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß

- am Ende des Kalibriervorgangs ein Korrekturfaktor  $\Delta_{CM}$  wie folgt gebildet wird:

$$\Delta_{CM} = [(U_{KORR\_K} - U_{KORR\_B}) / U_{BATT\_K}] \text{ und}$$

- beim Meßvorgang der Meßwert wie folgt bestimmt wird:

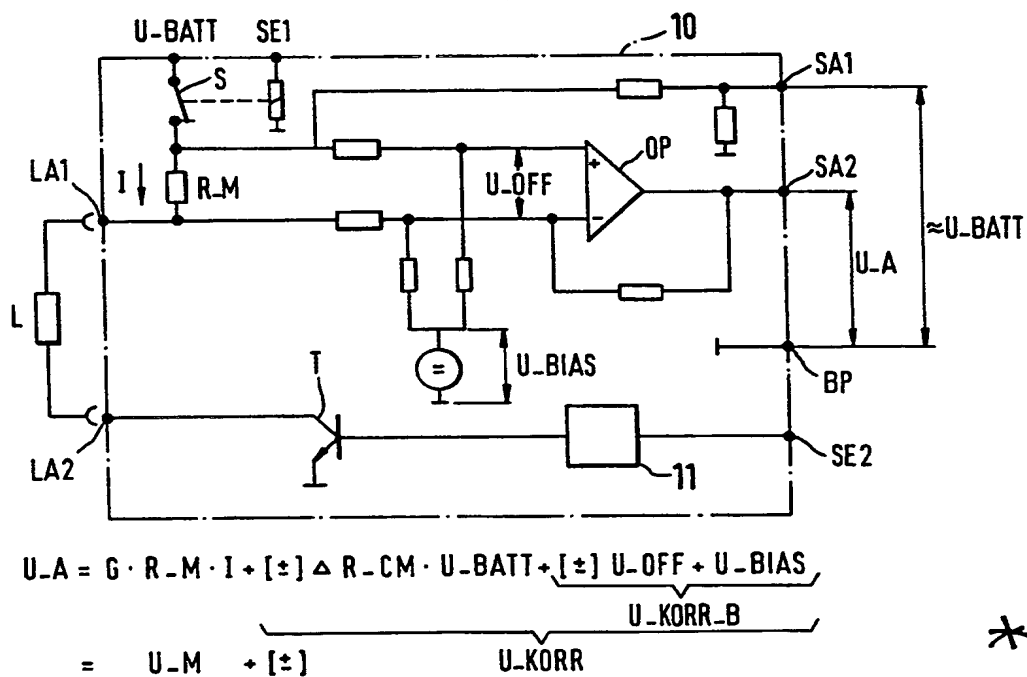
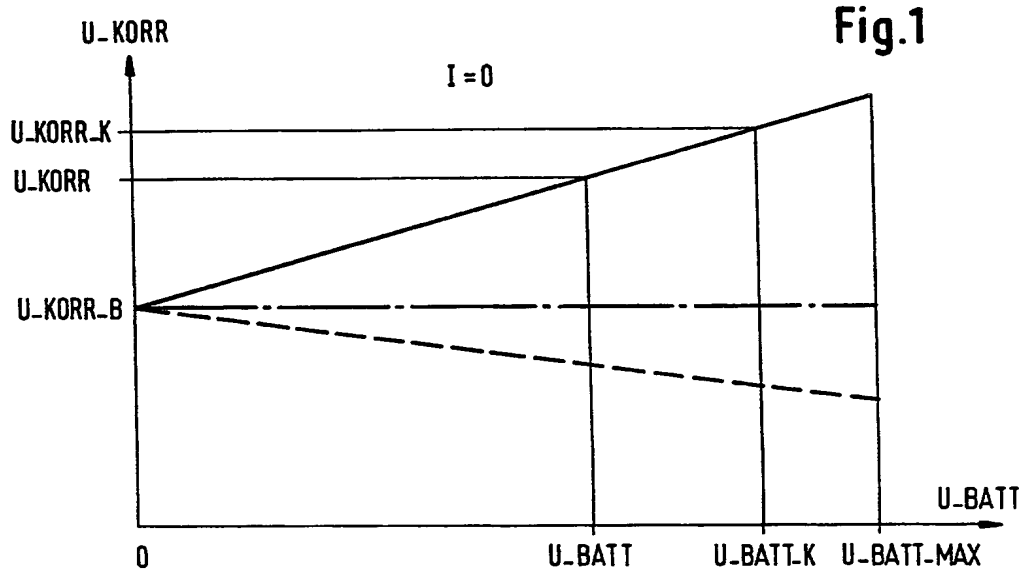
$$U_M = U_A - F_{KORR} \cdot U_{BATT}$$

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Kalibriervorgang beim Einschalten der Zündung eines Kraftfahrzeugs ausgeführt wird.

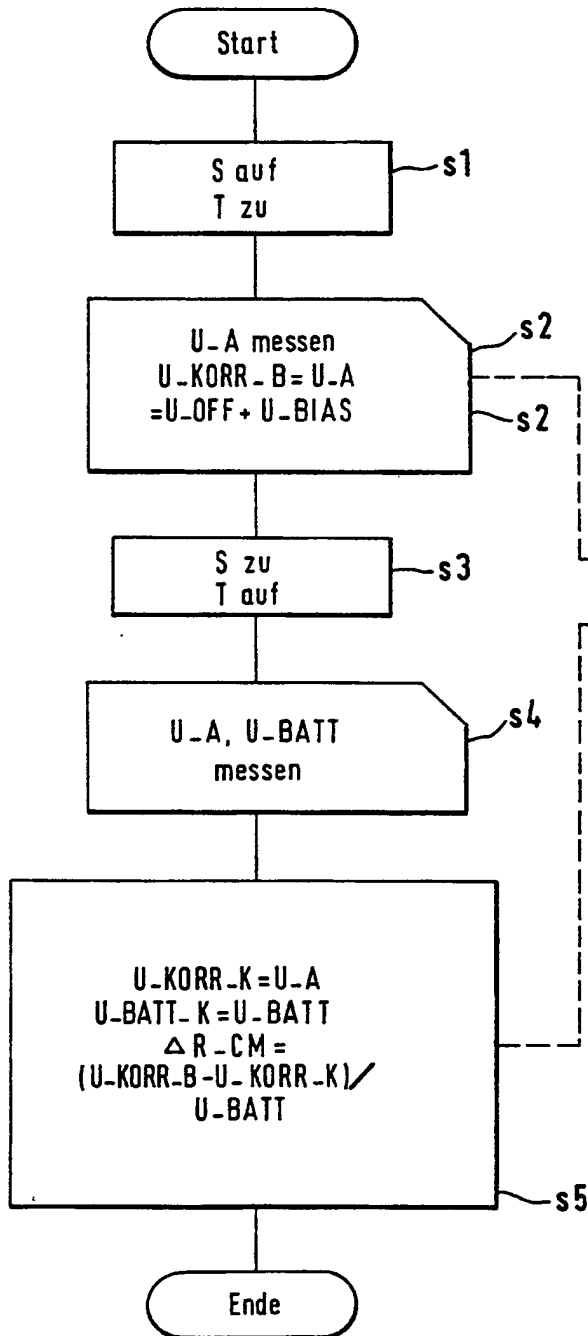
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Kalibriervorgang in solchen Zeitabständen vorgenommen wird, für die vermutet werden kann, daß sich die Eigenschaften des Operationsverstärkers und seiner Beschaltung durch Temperaturveränderungen und/oder durch Alterung so verändert haben, daß eine Neukalibrierung für den jeweiligen Anwendungsfall erwünscht ist.

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß beim Kalibriervorgang zunächst ein vorgegebener Strom durch den Meßwiderstand geschickt wird und die Vorspannung  $U_{BIAS}$ , die das Potential des gesamten Operationsverstärkers verschiebt, so eingestellt wird, daß sich als Ausgangsspannung  $U_A$  im wesentlichen die zum Kalibrierstrom zugehörige Soll-Meßspannung einstellt.

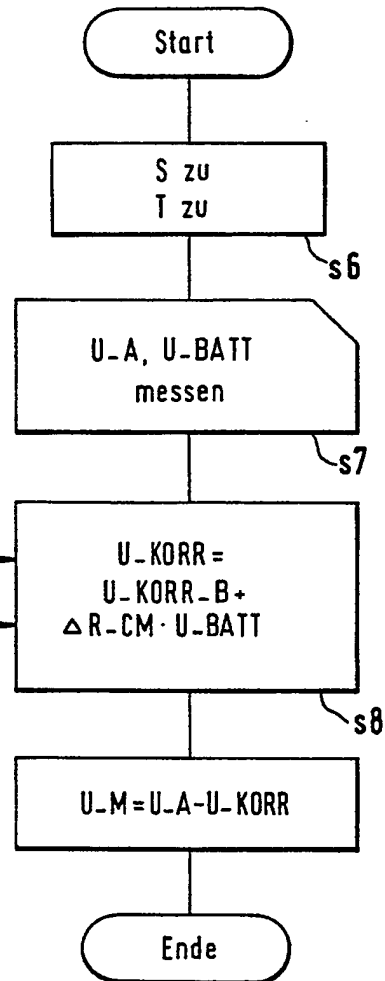
Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen



**Fig.4**



**Fig. 2**  
(Kalibrieren)



**Fig. 3**  
(Messen)

Docket # 7TP 03201119  
Applic. # 10/567,628  
Applicant: Duscher

508 023/293

Lerner Greenberg Steiner LLP  
Post Office Box 2480  
Hollywood, FL 33022-2480  
Tel: (954) 925-1100 Fax: (954) 925-1101